Transports Canada
Développement

Transport Canada
Development

TP 5288F

Évaluation en laboratoire de l'aptitude des mélanges ciment–cendres volantes et ciment–lignocellulose à stabiliser les sols

Rapport sommaire

Préparé pour le

Centre de développement des transports

MARS 1984

CA1
DTC 84S
84
L12s2
c.2

Canada

TP 5288F

ÉVALUATION EN LABORATOIRE DE L'APTITUDE DES MÉLANGES CIMENT-CENDRES VOLANTES ET CIMENT-LIGNOCELLULOSE À STABILISER LES SOLS

RAPPORT SOMMAIRE

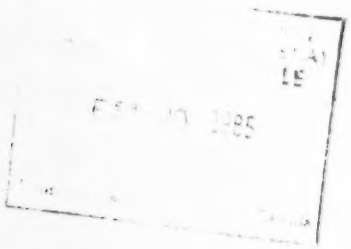
Réalisé pour le

Centre de développement des transports

par

Michael D. Graham et C.B. Dawley,
Ingénieurs de la firme EBA Engineering Consultants Ltd.

Mars 1984



Le contenu du présent rapport ne reflète que les opinions des auteurs et ne saurait en aucun cas engager les politiques et positions officielles du Centre de développement des transports, Transports Canada.

Also available in English under the title "Laboratory Evaluation of Flyash Cement and Lignin Cellulose Cement as Soil Stabilizers", TP 5288E.

FORMULE DE DOCUMENTATION POUR RAPPORT

1 N° du rapport Transports Canada
TP 5288F

2 N° de l'étude — CDT
4925, 4926

3 N° de catalogue du destinataire

4 Titre et sous-titre
Evaluation en laboratoire de l'aptitude des mélanges ciment-cendres volantes et ciment-lignocellulose à stabiliser les sols

5 Date du rapport
mars 1984

6 N° du rapport de l'organisme exécutant
0304-31264-002

7 Auteur(s)
M.D. Graham et C.B. Dawley

8 N° de dossier Transports Canada
D1465-413

9 Nom et adresse de l'organisme exécutant
EBA Engineering Consultants Ltée
7175 - 12 Street S.E.
Calgary (Alberta)
T2H 2S6

10 N° de dossier — ASC
14SD.T8200-2-2582

11 N° de contrat — ASC ou Transports Canada
1SD83-00026

12 Nom et adresse de l'organisme parrain
Centre de développement des transports (CDT) Suite 2421
1000 ouest, rue Sherbrooke
Montréal (Québec) H3A 2R3

Approvisionnements et services Canada (MAS)
88 rue Metcalfe
Ottawa (Ontario) K1A 0B5

13 Genre de rapport et période visée
Sommaire; juin 83 - fév. 84

14 Code de l'organisme parrain
CDT 4925, 4926

15 Remarques additionnelles
Le rapport final est présenté en anglais en deux volumes.

16 Agent de projet — CDT
Wayne Rowan

17 Résumé

Ce rapport rend compte des résultats d'une étude visant à déterminer l'efficacité des traitements de stabilisation des sols à l'aide de liants nouveaux, notamment un mélange ciment-lignocellulose (marque de fabrique: Fujibeton B), un mélange ciment-cendres volantes et des cendres volantes utilisées seules. Pour cela, un échantillonnage de sols à granulométrie fine a été traité au moyen de ces liants et soumis à un programme exhaustif d'essais et d'analyses en laboratoire. Les sols échantillonnés étaient des sols argileux, silteux et sablonneux, provenant de cinq sites différents du sud de l'Alberta, caractérisés par des problèmes d'instabilité volumique ou de sensibilité au gel. Ces essais en laboratoire avaient pour objet la détermination des relations teneur en eau-densité, des indices de plasticité, des indices de portance et de la durabilité. Les résultats indiquent que le Fujibeton B et les mélanges ciment-cendres volantes peuvent améliorer considérablement les propriétés géotechniques des sols sablonneux, silteux et argileux tandis que les cendres volantes de Battle River, classe F, utilisées seules, n'apportent qu'un gain tout à fait relatif, si gain il y a. Le rapport compare l'efficacité des produits nouveaux ci-dessus à celle du ciment et de la chaux utilisés seuls, se basant pour cela sur les résultats d'une recherche documentaire. Cette comparaison est suivie d'une étude économique de l'utilisation des divers agents de traitement considérés. Cette étude conclut que le Fujibeton B est un agent de stabilisation efficace des sols silteux et sablonneux et un bon correcteur des propriétés des sols argileux, et que son emploi est économiquement justifié lorsque les distances de transport des graves et bitumes utilisables à sa place sont importantes. Les mélanges ciment-cendres volantes sont efficaces dans le cas des sols silteux et sablonneux, mais leur emploi n'est pas rentable dans l'optique des constructions de routes secondaires envisagées ici.

18 Mots clés
Stabilisation des sols, modification des sols, sol-ciment, cendres volantes, lignocellulose, terrassements, sensibilité au gel, instabilité volumique

19 Diffusion
Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires

20 Classification de sécurité (de ce rapport)	21 Classification de sécurité (de cette page)	22 Nombre de pages	23 Prix
non-classifié	non-classifiée	23	--

CDT/TDC 79 (05)

REPORT DOCUMENTATION FORM

1 Transport Canada Report No	2 TDC Project No	3 Recipient's Catalogue No
TP 5288F	4925, 4926	

4 Title and Subtitle

Laboratory Evaluation of Flyash Cement and Lignin Cellulose Cemend as Soil Stabilizers

5 Report Date

March 1984

6 Performing Organization Report No

0304-31264-002

7 Author(s)

M.D. Graham and C.B. Dawley

8 Transport Canada File No

D1465-413

9 Performing Organization Name and Address

EBA Engineering Consultants Ltd.
7175 - 12 Street S.E.
Calgary, Alberta
T2H 2S6

10 DSS File No

14SD.T8200-2-2582

11 DSS or Transport Canada Contract No

1SD83-00026

12 Sponsoring Agency Name and Address

Transportation Development Centre (TDC), Suite 2421
1000 Sherbrooke St. West
Montreal, Quebec H3A 2R3

Supply & Services Canada (DSS)
88 Metcalfe Street
Ottawa, Ontario
K1A 0B5

13 Type of Report and Period Covered

Summary; June 83 - Feb. 84

14 Sponsoring Agency Code

TDC 4925, 4926

15 Supplementary Notes

The main report is presented in English in two volumes.

16 TDC Project Officer

Wayne Rowan

17 Abstract

An investigation was carried out to examine the effectiveness of lignin cellulose cement (trade name Fujibeton B), flyash, and flyash combined with cement as soil treatment agents. An extensive laboratory testing program was carried out on samples of fine grained soils treated with these agents. The soils comprised clayey, silty and sandy materials taken from five sites in southern Alberta, Canada, where problems related to soil volume change potential or frost susceptibility were known to exist. Laboratory testing included moisture density relations, index tests, strength tests and durability tests. The tests results indicate that Fujibeton B and flyash combined with cement can significantly improve the properties of fine sand, silt and clay relevant to earthworks design, whereas, the flyash examined (Battle River, Class F Ash) as sole treatment agent can improve soil properties only to a limited extent, if at all. A comparison of the effectiveness of the products identified above and cement or lime was developed from a review of the literature. Cost effectiveness data for the use of the soil treatment agents investigated was developed. The report concludes that Fujibeton B is effective as a stabilizer for silty and sandy soils and as a modifier of clayey soils and can be economical for use in earthworks construction where gravel and asphalt haulage distances are significant. Flyash combined with cement is effective as a stabilizer or modifier of silty and sandy soils but was not found to be economical for the case of secondary highway construction considered in this report.

18 Key Words	19 Distribution Statement
Soil Stabilization, Soil Modification, Soil Cement, Flyash, Ligin Cellulose, Earthworks Design, Frost Susceptibility, Volume Change Potential	A limited number of copies are available from the Transportation Development Centre

20 Security Classification (of this report)	21 Security Classification (of this page)	22 No of Pages	23 Price
Unclassified	Unclassified	23	--

TDC CD1 79 005

SOMMAIRE

Les matériaux utilisés pour réaliser les remblais et plates-formes des chaussées urbaines, routières, aéronautiques et autres (sans oublier les voies ferrées) sont généralement les sols disponibles localement, soit des argiles, silts et sables ou un mélange hétérogène quelconque d'entre eux. Certains de ces sols, particulièrement ceux à grains fins, exigent des précautions de mise en oeuvre particulières étant donné leur instabilité volumique (gonflement/retrait au mouillage et au séchage) et/ou leur sensibilité au gel.

Pour les besoins de l'étude rapportée ici, EBA Engineering Consultants Ltd. a soumis à une série d'essais en laboratoire des sols à grains fins, en provenance du sud de l'Alberta, préalablement traités au moyen de produits du commerce conçus pour améliorer les propriétés géotechniques des sols. Les agents de traitement visés étaient un mélange ciment-cendres volantes et un mélange ciment-lignocellulose (de marque Fujibeton B) dont il s'agissait de déterminer l'utilité, l'efficacité et le coût dans les applications envisagées.

Ce rapport présente les résultats d'essais et d'analyses visant à déterminer la courbe granulométrique, les limites d'Atterberg, l'indice portant californien, les relations teneur en eau-densité, la résistance aux cycles de gel-dégel et de mouillage-séchage, et la résistance à la compression simple des sols considérés.

L'objet général de l'étude était de vérifier s'il pouvait être rentable ou non d'utiliser les produits précités en construction routière, ferroviaire et aéroportuaire, ainsi que dans d'autres applications de génie civil. Les matériaux généralement utilisés pour la stabilisation des sols étant deux produits industriels - le ciment portland et la chaux -, l'étude s'est attachée à dégager la rentabilité des agents nouveaux proposés par rapport aux techniques éprouvées.

À cette fin, une analyse détaillée a été faite sur les coûts de construction d'une route secondaire type de l'Alberta; les coûts d'entretien n'ont pas été abordés. La même analyse a servi à déterminer l'intérêt économique des agents de traitement des sols pour d'autres catégories de travaux, après prise en compte des volumes de remblayage nécessités dans chaque cas.

Les conclusions de l'étude se résument ainsi:

a) Le produit commercialisé sous la marque Fujibeton B est efficace comme agent de stabilisation des sols silteux et sablonneux et comme agent de correction des sols argileux; cependant, son intérêt économique varie selon les circonstances. Son emploi peut être économique en construction de routes secondaires sur sols silteux lorsque les distances de transport des graves et bitumes normalement utilisés dépassent 60 km environ, ainsi que pour des ouvrages temporaires à établir sur les trois types de sols considérés dans l'étude. Cette dernière n'a pas abordé le cas des chaussées et remblais pour trafics importants, mais il est fort probable que, là aussi, l'emploi du Fujibeton B s'avérerait économique. Pour fixer les idées, il suffirait d'extrapoler les coûts à partir des données fournies dans le rapport principal.

b) Les mélanges ciment-cendres volantes sont des stabilisateurs ou correcteurs efficaces des sols silteux et sablonneux, mais leur emploi ne semble pas économique dans les cas considérés par l'étude.

c) Les cendres volantes peuvent dans certaines conditions servir à corriger les sols silteux, mais leur emploi n'est guère économique.

d) Le traitement des sols argileux aux cendres volantes seules n'est pas efficace.

e) Le traitement des sols argileux au ciment-cendres volantes ne semble pas être une solution économique dans les cas considérés dans ce rapport.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION 1

2. PROGRAMME D'ESSAIS EN LABORATOIRE 3
   2.1 Généralités 3
   2.2 Choix des sites d'échantillonnage 3
   2.3 Essais des sols traités 4

3. TOUR D'HORIZON DOCUMENTAIRE 7

4. COMPARAISON DES AGENTS D'AMÉLIORATION DES SOLS 11
   4.1 Efficacité 11
   4.2 Considérations économiques 14

BIBLIOGRAPHIE 17

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURE

Tableau 1 Paramètres d'état et classification des échantillons de sols 6

Tableau 2 Dosages en ciment et en Fujibeton B et durabilité des traitements 13

Figure 1 Emplacement des sites d'échantillonnage 5

1. INTRODUCTION

Les matériaux utilisés pour la construction des remblais et plates-formes des chaussées urbaines, routières, aéroportuaires et autres sont généralement ceux qui sont disponibles localement, soit des argiles, silts et sables ou un mélange hétérogène quelconque de ces sols.

Un point commun à tous les travaux faisant appel à ce type de matériaux est l'escalade rapide des coûts dès qu'il s'agit de construire une chaussée à caractéristiques structurelles élevées, notamment les chaussées aéroportuaires et autoroutières.

Dans le passé, la technique routière a cherché à compenser la piètre qualité de ces sols par un traitement de stabilisation au ciment portland ou à la chaux, par exemple. Ces matériaux, tous deux des produits industriels, exigent pour leur élaboration une certaine quantité de ressources naturelles non renouvelables, tel le gaz naturel.

Depuis peu, d'autres matériaux, autrefois considérés comme déchets ou simples sous-produits d'une fabrication particulière, sont préconisés pour stabiliser ou modifier les sols à granulométrie fine utilisés en construction de remblais. Il s'agit entre autres:

- des cendres volantes, un produit pulvérulent, résidu de la combustion du charbon en centrale thermique, et

- de la lignocellulose, un sous-produit de l'industrie des pâtes et papiers.

Ces matériaux, ajoutés au ciment portland, permettent dans certains cas de réduire la quantité de ciment nécessaire pour constituer le mélange sol-ciment recherché et, dans d'autres cas, d'améliorer la qualité du mélange utilisé pour stabiliser un sol médiocre. Certains préconisent également la stabilisation des sols au moyen de cendres volantes non mélangées avec du ciment.

Ce rapport sommaire présente les résultats d'un programme d'essais et d'analyses visant à déterminer l'aptitude des agents de stabilisation considérés à modifier, à un coût économique, certaines propriétés des sols à granulométrie fine.

Les cendres volantes, de classe F, provenaient de la centrale thermique Battle River de Forestburg, Alberta, approvisionnée par Pozzolanic International Ltd. Le stabilisateur à base de lignocellulose était un produit commercialisé sous le nom de "Fujibeton B" qui est un mélange de ciment, de lignocellulose et d'autres additifs chimiques; il a été fourni par R.J. MacMillan Enterprises Ltd. de Richmond, Colombie-Britannique.

2. PROGRAMME D'ESSAIS EN LABORATOIRE

2.1 Généralités

Les échantillons de sols à grains fins sensibles au gel et de sols à grande instabilité volumique ont été prélevés dans cinq endroits différents du sud de l'Alberta, connus pour la piètre qualité géotechnique de leurs sols.

Les échantillons ont d'abord été soumis à une série d'essais d'identification visant à en déterminer les paramètres d'état susceptibles d'influer sur la tenue d'un ouvrage en terre. Par la suite, ils ont été traités au moyen de quantités variables de cendres volantes, de ciment-cendres volantes et du stabilisateur Fujibeton B, puis ont subi une nouvelle série de tests. Les échantillons prélevés de deux des cinq sites ont été soumis à un programme d'essais plus poussé que les autres.

La plupart des essais ont été menés selon les modes opératoires normalisés par l'ASTM (Réf. 1). Les cas qui font exception sont signalisés explicitement dans les procès-verbaux d'essais.

2.2 Choix des sites d'échantillonnage

Les sites d'échantillonnage retenus sont tous reconnus pour la grande sensibilité au gel ou la forte instabilité volumique de leurs sols.

Des échantillons ont été prélevés:

- à l'usine de traitement des eaux Bearspaw, au nord-ouest de Calgary;
- à l'aéroport international de Calgary, au nord-est de Calgary;
- le long de la route 56 à la hauteur de Morrin, soit à environ 20 km au nord de Drumheller;
- le long de la route 3 près de Cowley, soit à environ 10 km à l'ouest de Pincher Creek;
- le long de la route 21, à environ 5 km au nord de Bashaw.

Dans le présent rapport, ces sites sont désignés sous les noms de: Calgary Bearspaw, Calgary Airport, Drumheller, Pincher Creek et Bashaw.

Se reporter à la figure 1 pour connaître la situation géographique de ces sites et au tableau 1 pour la composition granulométrique et les caractéristiques de plasticité des sols considérés.

2.3 Essais des sols traités

Pour chacun des sites d'échantillonnage, un total de dix à douze différents mélanges sol-stabilisateur a été testé durant la première phase du programme d'essais en laboratoire, soit cinq ou six échantillons traités au Fujibeton B, quatre ou cinq aux cendres volantes seulement et un par un mélange ciment-cendres volantes. La deuxième phase du programme a touché huit nouveaux mélanges sol-stabilisateur intéressant seulement deux des cinq sites originaux (Pincher Creek et Calgary Bearspaw), les huit échantillons étant des mélanges sol-ciment-cendres volantes.

Les essais de laboratoire réalisés ont visé à déterminer la courbe granulométrique, les limites d'Atterberg, les relations teneur en eau-densité, la résistance aux cycles de gel-dégel et de mouillage-séchage, l'indice portant californien et la résistance en compression simple des échantillons considérés.

Figure 1 Emplacement des sites d'échantillonnage

Tableau 1 Paramètres d'état et classification des échantillons de sols

SITE	LIMITE DE LIQUIDITÉ EN %	LIMITE DE PLASTICITÉ EN %	INDICE DE PLASTICITÉ EN %	COMPOSITION GRANULOMÉTRIQUE EN % SABLE	SILT	ARGILE	CLASSIFICATION AASHO (RÉF. 2)
Calgary Bearspaw	25	18	7	22	53	25	A-4
Calgary Airport	30	18	12	27	48	25	A-6
Pincher Creek	52	25	27	10	45	45	A-7-6
Drumheller	75 - 90	45 - 50	30 - 40	1	30	69	A-7-5
Bashaw	--	--	NP	91	7	2	A-3

3. TOUR D'HORIZON DOCUMENTAIRE

De nombreux travaux de recherche ont été consacrés jusqu'à ce jour à la stabilisation et à la modification des sols au ciment et à la chaux. Le traitement des sols aux cendres volantes et l'utilisation de ce matériau comme remblai ont également été traités par certains chercheurs. Quant à la documentation technique concernant le Fujibeton, elle provient essentiellement du fabricant qui en assure la diffusion par l'entremise de ses fournisseurs.

Cette section résume certains articles ou mémoires traitant des agents d'amélioration des sols.

On appelle traitement de stabilisation, les traitements au ciment qui donnent, après durcissement, un sol-ciment comparable à un béton de faible résistance. À ce traitement, on peut en substituer un autre visant simplement à modifier le degré de plasticité du sol et sa teneur en eau pour une meilleure compatibilité. Les sols modifiés en place ne sont pas nécessairement cimentés bien qu'il puisse se produire une certaine cimentation localisée à court terme.

Le choix du traitement de stabilisation à appliquer sera fonction de plusieurs facteurs notamment la granularité du sol, les risques d'intempéries, le trafic escompté et la durée utile visée de l'ouvrage à construire. Des méthodes expérimentales et empiriques permettent de déterminer le traitement à retenir selon la structure de chaussée envisagée.

En général, l'établissement d'une structure de chaussée n'est possible sur un sol-ciment que si celui-ci offre au moins une résistance minimale à la compression ou s'il est suffisamment durable pour conserver une tenue satisfaisante tout au long de la durée utile théorique de l'ouvrage.

Le ciment est un matériau largement utilisé pour la stabilisation des sols à gros grains, les sables et les graves en particulier. Stabilisés au ciment, ces sols peuvent accueillir les différentes couches du corps d'une chaussée. À remarquer cependant que plus les grains du sol sont fins, plus la quantité de ciment nécessaire pour réaliser une bonne stabilisation devient grande, ce qui peut avoir un impact considérable sur le coût de l'ouvrage envisagé. C'est pourquoi, dans le cas des ouvrages à implanter sur sols argileux, on se contente d'en modifier les paramètres d'état au moyen d'une quantité relativement

faible d'agents stabilisateurs plutôt que d'adopter une technique de stabilisation complète et nécessairement onéreuse.

À ce propos, il est utile de rappeler que la chaux est un matériau généralement beaucoup moins cher que le ciment et qu'on lui reconnaît une aptitude certaine à modifier la plasticité, la teneur en eau, la résistance et la perméabilité des sols argileux. Mais il ne faut pas attendre des sols traités à la chaux la même durabilité que d'une plate-forme stabilisée.

Les cendres volantes ont été utilisées avec du ciment et de la chaux pour améliorer certains sols. Elles ont également été utilisées seules dans quelques rares occasions (Réf. 9). Depuis un certain temps, les producteurs de cendres volantes proposent de nouvelles applications de leur produit, notamment comme agent d'amélioration des sols à employer seul.

Un autre produit, commercialisé sous la marque Fujibeton B, est un mélange de ciment portland classique, de lignocellulose et de divers additifs chimiques. Les qualités de cet agent de traitement des sols sont détaillées dans la documentation technico-publicitaire du fournisseur. À noter, cependant, que ce produit est à utilisation toute récente en Amérique du Nord et qu'aucun groupe de recherche indépendant n'a encore publié de mémoire concernant les qualités et aptitudes annoncées par le fabricant.

Les facteurs à prendre en compte dans l'étude des projets d'amélioration des sols sont nombreux et comprennent, entre autres: la structure du sol, la durée utile théorique recherchée, l'ampleur des charges statiques et dynamiques prévisibles, les risques d'intempéries lors de la mise en oeuvre.

La méthode Shell 1978 (Réf. 8) permet de calculer l'épaisseur théorique des couches de surface, de base et de fondation pour une construction routière donnée. Elle a d'ailleurs été retenue comme méthode de dimensionnement de référence pour les fins de ce rapport. Les auteurs auraient pu appliquer plusieurs autres méthodes de dimensionnement dont il aurait pu être intéressant de comparer les résultats. Mais cela dépassait le cadre de cette étude.

Brabston 1974 et Kedzi 1979 (Réf. 3) renseignent utilement sur le choix de l'agent de traitement le mieux adapté selon les circonstances.

La Portland Cement Association (Réf. 7) a publié quant à elle un guide élaboré concernant le calcul des dosages de ciment à appliquer pour le traitement des sols, tandis que Brandl 1981 et Lees et al 1982 (Réf. 4 et 6) en ont fait autant en ce qui concerne les dosages de chaux.

4. COMPARAISON DES AGENTS D'AMÉLIORATION DES SOLS

4.1 Efficacité

Quiconque veut établir un bilan comparatif général de la performance des divers agents de traitement des sols offerts sur le marché doit se rappeler que la composition chimique des sols à traiter peut rendre un produit moins efficace qu'un autre et vice-versa, et que la destination finale de l'ouvrage considéré et les risques d'intempéries à la mise en oeuvre peuvent également faire porter le choix sur un produit donné au détriment d'un autre.

Comparativement au ciment et à la chaux couramment utilisés, les cendres volantes doivent être appliquées en quantités plus grandes pour obtenir le même effet si, effectivement, il est possible d'atteindre le même effet.

Les résultats des essais indiquent que les cendres volantes de Battle River utilisées en mélange avec un ciment portland ordinaire permettent de stabiliser les sols sablonneux et silteux, mais non les sols argileux, l'action pouzzolanique des cendres ayant un effet stabilisateur seulement sur les deux premiers et correcteur seulement sur les derniers.

Le sol silteux prélevé au site Calgary Bearspaw a affiché, une fois traité, un gain de résistance proportionnel à la quantité de ciment utilisée, ce gain étant également fonction, mais dans une moindre mesure, du dosage en cendres volantes. Quant au sol argileux de Pincher Creek, on n'a noté aucun gain sur une large fourchette de dosage en cendres volantes.

La modification des propriétés d'un sol traité aux cendres volantes en association avec du ciment est d'abord fonction du dosage en ciment et ensuite, à un moindre degré, du dosage en cendres. Par exemple, le sol argileux de Pincher Creek est passé de l'état naturel à un état de plasticité nulle pour un dosage en ciment et en cendres de 3 p.cent et de 12 p.cent en poids sec respectivement, tandis qu'un dosage en cendres porté à 15 p.cent n'a fait chuter l'indice de plasticité qu'à environ 17 par rapport à sa valeur initiale de 28. Or, il semble qu'il soit inutile de procéder à cette correction par un dosage si élevé (15 à 16 p.cent) de cendres, si l'on se fie à Brandl 1981 (Réf. 4) qui a obtenu une réduction notable de cet indice avec environ 5 p.cent de chaux seulement.

Si l'on compare les résultats de la présente étude en laboratoire concernant le Fujibeton B aux résultats types attendus d'un traitement au ciment, fournis par la Portland Cement Association (Réf. 7), on note que le premier pourrait donner des résultats au moins aussi bons que le second. En sol silteux et sablonneux, il serait même possible que le Fujibeton B soit plus efficace que le ciment (se reporter aux données figurant au tableau 2). Mais en l'absence d'essais comparatifs réalisés sur des échantillons de sol identiques, il est prématuré de conclure d'emblée à la supériorité du Fujibeton B sur le ciment.

Aux essais, le Fujibeton B a permis, en dosage de 6 p.cent et moins, d'amener les sols argileux échantillonnés à un état de plasticité nulle. Ce dosage se compare aux dosages de ciment ou de chaux préconisés - fourchette de 5 à 8 p.cent - dans les références 4 et 7 pour un traitement de correction de l'indice de plasticité des sols considérés. Ces dosages en ciment ou en chaux donnent un sol qui conserve une certaine plasticité, mais dont le potentiel de variation volumique devient très faible. Considérant cela, il semble possible d'affirmer que le Fujibeton B est légèrement plus efficace, les dosages requis étant plus faibles. Il convient cependant de souligner que cette conclusion ne saurait être tenue pour définitive étant donné que les sols considérés ici n'ont pas été testés après traitement au ciment ou à la chaux.

En résumé:

i) Les cendres volantes ne sont pas aussi efficaces que le ciment ou la chaux et, dans certains cas, leur emploi est même contre-indiqué.

ii) Les traitements ciment-cendres volantes sont en général moins efficaces que les traitements uniquement au ciment ou à la chaux,

iii) Le Fujibeton B semble être légèrement supérieur au ciment et à la chaux, étant cependant entendu que cette conclusion repose sur une comparaison strictement documentaire et non sur des essais comparatifs directs.

La présente étude indique néanmoins que le Fujibeton B peut servir à modifier des sols argileux et à stabiliser des sols silteux et sablonneux, et que les cendres volantes de Battle River trouvent une application utile comme correcteur d'état des sols silteux.

Tableau 2 Dosages en ciment et en Fujibeton B, et durabilité des traitements

SITE D'ECHANTILLONNAGE	TYPE DE SOL AASHO	TENEUR EN FUJIBETON(1) (% EN POIDS)		TENEUR EN CIMENT PORTLAND(2) (% EN POIDS)
		DURABILITÉ AU MOUILLAGE-SÉCHAGE	DURABILITÉ AU GEL-DEGEL	
Calgary Bearspaw	Silt (A-4)	8	10	10
Calgary Airport	Silt (A-6)	9	S/O	12
Bashaw	Sable (A-3)	6	6	9

Remarques: 1. Selon le mode opératoire des essais rapportés ici.
2. Selon la Portland Cement Association (Réf. 14).

4.2 Considérations économiques

Après consultation du ministère albertain des Transports, et considérant les prix demandés pour le Fujibeton B, le ciment et les cendres volantes, une étude économique a été faite concernant les coûts de construction de routes secondaires.

Cette étude économique a débouché sur les conclusions suivantes:

i) Sur sols silteux, les techniques de construction routière classiques restent avantageuses tant que les distances de transport des graves et bitumes ne dépassent pas 60 km environ. Au-delà, il devient plus économique de prévoir une stabilisation du sol support qui réponde aux exigences de durabilité à long terme. Si la durée de vie attendue de la route projetée est faible, ou si les risques d'intempéries au chantier sont minimes, le traitement du sol support au Fujibeton B associé à une structure de chaussée modifiée peut être économique.

ii) Les techniques routières classiques sont à retenir sur sol support uniforme sablonneux à grains fins lorsque les distances de transport des graves et bitumes restent inférieures à 40 km environ.

iii) Sur sols argileux, les techniques routières classiques sont à retenir si la préoccupation première est de maintenir les coûts de construction de l'ouvrage à un niveau minimum. On pourrait justifier un traitement de correction du sol support à la chaux ou au Fujibeton B en évoquant une réduction des coûts d'entretien de l'ouvrage. Rappelons cependant que la présente étude ne s'est pas attachée à quantifier ces coûts.

iv) En sols sablonneux et silteux, les traitements au Fujibeton B semblent plus rentables que les traitements ciment-cendres volantes.

v) La chaux semble être un matériau plus efficace et moins coûteux que le Fujibeton B lorsqu'il s'agit de corriger les paramètres d'état des sols argileux.

Il pourrait être intéressant d'étudier l'efficacité et la rentabilité des produits considérés dans l'optique du traitement des plates-formes aéronautiques et des remblais largement dimensionnés. Les auteurs pensent néanmoins que les conclusions générales de la présente étude en laboratoire peuvent être étendues à d'autres types de chaussées que les routes secondaires, à condition de prendre en juste compte les surépaisseurs et les volumes de remblayage additionnels à prévoir.

BIBLIOGRAPHIE

1. American Society for Testing and Materials "Annual Book of ASTM Standards" (1983).

2. American Association of State Highway Official "Recommended Practice for the Classification of Soils and Soil Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes" M 145 - 73.

3. Brabston W.N. et al. (1974) "Soil Stabilization for Roads and Airfields in the Theater of Operations". Miscellaneous Paper S-74-23, U.S. Army Waterways Experiment Station.

4. Brandl H. (1981) "Alteration of Soil Parameters by Stabilization with Lime". Proceedings Int. Conf. Soil Mech. & Found. Eng.

5. Kezdi A. (1979) "Stabilized Earth Roads" Elsevier Scientific Publishing Company.

6. Lees G., Abdelkater M.O. and Hamdani S.K. (1982) "Effect of the Clay Fraction on Some Mechanical Properties of Lime Soil Mixtures" Journal of Institution of Highway Engineers.

7. Portland Cement Association (1971) "Soil-Cement Laboratory Handbook".

8. Shell Oil Company (1978) "Shell Pavement Design Manual".

9. U.S. Department of Transportation "Flyash A Highway Construction Material" Implementation Package 76-16.